

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-286503

(43)Date of publication of application : 13.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/14

(21)Application number : 11-087269

(71)Applicant : ANRITSU CORP

(22)Date of filing : 29.03.1999

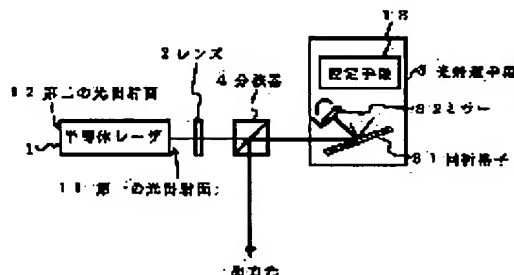
(72)Inventor : MACHITORI SEIHAN  
TAKIZAWA MASANORI  
OZAKI TOMOYUKI  
KINO JUNKICHI

## (54) LASER LIGHT SOURCE DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser light source device, in which spontaneously emitted light contained in output light is suppressed for obtaining high spectral purity.

**SOLUTION:** A semiconductor laser 1, whose one light-emission surface is low in reflection, a lens 2 that converts emitted light from the low-reflection light-emitting surface of the semiconductor laser 1 into a parallel ray, and a light feedback means 3 that receives the light via the lens 2 and selects a desired wavelength to feed it back via the lens to the semiconductor laser 1 are contained in an external resonator type laser light source device, and it is provided with a branching filter 4 that is placed on a feedback path formed by the light feedback means 3 and the semiconductor laser 1 to make a part of the light from the light feedback means 3 pass through to the semiconductor laser 1 and for extracting the other part to the outside as output light.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-286503  
(P2000-286503A)

(43) 公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 S 5/14

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

データベース (参考)

6 4 6 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-87269

(22) 出願日 平成11年3月29日 (1999. 3. 29)

(71) 出願人 000000572

アンリツ株式会社

東京都港区南麻布5丁目10番27号

(72) 発明者 待鳥 誠範

東京都港区南麻布五丁目10番27号アンリツ  
株式会社内

(72) 発明者 滝沢 正則

東京都港区南麻布五丁目10番27号アンリツ  
株式会社内

(72) 発明者 尾崎 智幸

東京都港区南麻布五丁目10番27号アンリツ  
株式会社内

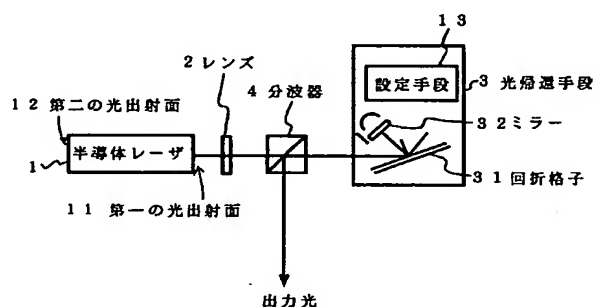
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ光源装置

(57) 【要約】

【課題】 出力光に含まれる自然放出光を抑圧し、スペクトル純度を高くできるようにしたレーザ光源装置に関する。

【解決手段】 一方の光出射面が低反射である半導体レーザ1と、半導体レーザ1の低反射光出射面からの出射光を平行光に変換するレンズ2と、レンズ2を経由した光を受けて所望の波長を選択し、レンズを経由して半導体レーザ1に帰還させる光帰還手段3とを含む外部共振器型のレーザ光源装置であり、光帰還手段3と半導体レーザ1とで形成された帰還経路上に配設され、光帰還手段3から受けた光の一部を前記半導体レーザ1に通過させるとともに、他部を出力光として外部に取り出すための分波器4とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】一方の光出射面が低反射である半導体レーザー (1) と、該半導体レーザーの低反射光出射面からの出射光を平行光に変換するレンズ (2) と、該レンズを経由した光を受けて所望の波長を選択し、前記レンズを経由して該半導体レーザーに帰還させる光帰還手段 (3) とを含む外部共振器型のレーザー光源装置において、前記光帰還手段と前記半導体レーザーとで形成された帰還経路上に配設され、前記光帰還手段から受けた光の一部を前記半導体レーザーに通過させるとともに、他部を出力光として外部に取り出すための分波器 (4) とを備えたことを特徴とするレーザー光源装置。

【請求項 2】請求項 1 記載のレーザー光源装置において、前記光帰還手段の選択する波長および前記帰還経路の共振器長の少なくとも一方が可変であり、前記光帰還手段からの光の一部を分岐して受光し、前記光帰還手段から前記半導体レーザーに帰還される光の光軸と前記半導体レーザーが出射した光の光軸とのなす角度を検出する角度検出手段 (5) と、前記角度が零になるように前記光帰還手段の選択する波長および前記共振器長の少なくとも一方を変化させる制御手段 (8) とを含むレーザー光源装置。

【請求項 3】光出射面が低反射である半導体レーザー (100) と、該半導体レーザーの一方の光出射面からの出射光を平行光に変換する第一のレンズ (2) と、該レンズを経由した光を受けて所望の波長を選択する波長選択手段 (300) と、該波長選択手段から受けた光の一部を通過させるとともに、他部を出力光として外部に取り出すための分波器 (4) と、該分波器からの光を集光して前記半導体レーザーの他方の光出射面に入射する第二のレンズ (20) とを備えた外部共振器型のレーザー光源装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信や精密計測の分野において利用される発振波長を変化できるレーザー光源装置に係り、特に半導体レーザー (レーザーダイオード; LD) のような広帯域の波長範囲にわたる光増幅素子を外部共振器型のレーザー光源に利用する場合において、出力光の自然放光 (accumulated spontaneous emission; ASE) を抑圧し、スペクトル純度を高くできるようにしたレーザー光源装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図 8 に示す外部共振器型のレーザー光源装置では、半導体レーザー 1 は第一の光出射面 11 が低反射率 (antireflection; AR) コートされ低反射であり、第二の光出射面 12 は結晶へき開面であり反射率は 30% 程度と高反射となっている。第一の光出射面 11 から出射された発散性の光はレンズ 2 によって平行光に変換され、回折格子 31 およびミラー 32 か

らなる光帰還手段 3 で波長選択され、半導体レーザー 1 に再度帰還する。その結果、ミラー 32 及び半導体レーザー 1 の第二の光出射面 12 とで共振し、第二の光出射面 12 または回折格子 31 から出力光として出射される。なお、所望の選択波長に設定できるように回折格子 31 およびミラー 32 の角度・位置を制御できる設定手段 13 を有している。

【0003】しかし、この半導体レーザー 1 からの出力光には、①誘導放出により得られる入射光とコヒーレンスのある同一波長の光とともに、②レーザー媒質内で反転分布が形成されることにより、入射光と無関係にランダムに発生する自然放出過程が存在するため、広いスペクトル幅を有する自然放光が雑音光として含まれる。この ASE ノイズが重畳してしまい、その信号対雑音比 (SNR; Signal-to-Noise Ratio) が低いという問題があった。

【0004】この事実を図 9 に示す。図 9 で縦軸は分解帯域幅 1 nm で観測した光の出力レベル、横軸は波長であり、半導体レーザー 1 の第一の光出射面 11 から出射された光および第二の光出射面 12 から出射された光のスペクトル特性を示す図である。図 9 でわかるようにレーザー光源から出射された出力光には ASE ノイズが含まれている。

【0005】一方、図 10 に示すように、ASE ノイズを除去するため、レーザー光源装置からの出力光を波長可変フィルタ 15 を透過させる方法も考えられる。しかし、波長可変フィルタを用いる方法では、(1) 波長可変フィルタの特性に依存し透過波長帯域が 0.5 nm 程度と広いこと、(2) 波長可変フィルタによる損失が 3~4 dB 程度と大きいこと、(3) 波長可変フィルタは通常、波長可変幅が 40 nm 程度と狭いこと、(4) 波長可変フィルタはレーザー光源装置との連動した制御が必要となり、装置が大型化すること等の問題がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、図 8 に示す従来のレーザー光源装置では、光ファイバ増幅器 (EDFA; Erbium Doped Fiber Amplifier) や波長分割多重 (WDM; wavelength division multiplexing) 通信用光部品の特性測定などの用途においては、信号雑音比が不十分であり、例えば、光ファイバ増幅器の雑音指数 (NF; Noise Figure) 測定を正確に行うことができないという課題があった。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するため本発明では以下の手段を採用した。まず、請求項 1 においては、一方の光出射面が低反射である半導体レーザー 1 と、該半導体レーザー 1 の低反射光出射面 11 からの出射光を平行光に変換するレンズ 2 と、該レンズ 2 を経由した光を受けて所望の波長を選択し、前記レンズ 2 を経由して前記半導体レーザー 1 に帰還させる光帰還手段 3 とを

含む外部共振器型のレーザ光源装置において、前記光帰還手段 3 と前記半導体レーザ 1 とで形成された帰還経路上に配設され、前記光帰還手段から受けた光の一部を前記半導体レーザ 1 に通過させるとともに、他部を出力光として外部に取り出すための分波器 4 とを備えたことを特徴とするレーザ光源装置を提供する。すなわち、請求項 1 に記載の発明においては、高い波長選択性を有している光帰還手段 3 をフィルタとして用い、その光帰還手段 3 からの光が半導体レーザ 1 に入射される前に分波器 4 で直接外部に出力光として取り出すことにより、ASE ノイズを抑圧し、高い信号雑音比を有するレーザ光源装置を実現した。

【0008】ここで、従来、本願発明のような構成が採用されていなかったのは以下の理由である。すなわち、従来、分波器 4 を半導体レーザ 1 と光帰還手段 3 との間の帰還経路に設けることはなかったのは、出力される光の出力を高めることのみが要求されており、共振器内に、損失の原因となる分波器を設ける発想自体が存在しなかったからである。その後、ユーザの要求の多様化に伴い、光の出力を向上させることとともに光ファイバ増幅器の雑音指数の測定や光分割多重用の光部品の評価等において信号対雑音比の向上が求められるようになってきたこと、および半導体レーザの性能の向上により共振器内に損失の原因となる分波器を設けても十分な光の出力が得られやすくなってきていたことが本発明の創作の契機となっている。

【0009】次に、請求項 2 においては、請求項 1 記載のレーザ光源装置において、前記光帰還手段 3 の選択する波長および前記帰還経路の共振器長の少なくとも一方が可変であり、前記光帰還手段 3 からの光の一部を分岐して受光し、前記光帰還手段 3 から前記半導体レーザ 1 に帰還される光の光軸と前記半導体レーザ 1 が出射した光の光軸とのなす角度を検出する角度検出手段 5 と、前記光帰還手段 3 から前記半導体レーザ 1 に帰還される光の光軸と前記半導体レーザ 1 が出射した光の光軸のなす角度が零になるように前記光帰還手段 3 の選択する波長および前記共振器長の少なくとも一方を変化させる制御手段 8 とを含む波長可変レーザ光源装置を提供する。

【0010】従来、広帯域にわたり発振波長を連続的に変化させるためには、発振している共振波長と選択波長とを連動させて、つまり、共振器長と回折格子の角度とを適当な関係を保持しながら同時に変化させてモードホップを抑圧することが必要ある。このモードホップを抑止するために、従来、2 つの考え方によって対策が講じられてきた。

【0011】1 つは、1 つの制御量によって、モードホップを生じないような関係を保持しながら共振波長と選択波長を同時に変化できる機構を実現しようとするものである。回折格子の回転中心を適当な位置に設定すれば、回転角の変化だけで回折格子の角度変化と共振器長

変化とを所定の比率に保つことができる。

【0012】もう 1 つは、制御量を複数として、共振波長と選択波長の制御の自由度を増すものである。最も単純な例は、回折格子の角度変化と、共振波長変化つまり共振器長変化を、発振波長に対応させて予め求めてある制御量の組み合わせに基づいて個別に行うものである。ところが、1 つの制御量によるものについては、一般に外部共振型レーザの内部にはレーザ媒質やレンズ等が配置されており、これらが波長分散性を有しているの、回折格子の角度変化と共振器長変化を一定の比率に保つような単純な機構だけでは波長連続掃引範囲が制限されるという問題がある。そして、制御量を複数としたものについては、外部共振型レーザ内部の素子に波長分散性が存在しても、波長連続掃引範囲の制限とはならないものの、発振波長に対応させて予め求めてある共振器長と回折格子の角度とに設定するだけでは、発振波長と選択波長とを高い精度で一致させながら、広帯域に掃引することは容易ではない。また、このために予め実験的に適切な角度と共振器長の制御量の組み合わせを見だし、パラメータとして保存しておくことが必要となる。

【0013】以上のように、これらの方法はいずれも、特定の波長範囲については連続的に発振波長を掃引できるものの LD の発振可能な全帯域での波長連続掃引は困難であり、特定の波長では多モード発振や発振不可能となる場合もある。そして、初期調整時の機械的精度や実験的に定めたパラメータを持続的に信頼して波長掃引を行うものであるため、環境温度変化による共振器長の変化等、外乱の影響に弱い。さらに、衝撃等による構成部品の僅かな塑性変形や経時変化に対しても弱い欠点がある。また、従来の外部共振型レーザでは、その調整段階において、所望の波長付近で発振波長が変化するように回折格子等を支持している可動部を動かしながら、モードホップが発生する波長を調べ、その波長間隔つまり連続掃引範囲が広がるように調整が進められている。この際、調整すべき方向を示す観測量がないために、試行錯誤による連続掃引範囲の最大点探索が行われており、生産性の向上を阻害している。

【0014】請求項 2 記載の発明の目的はモードホップを生じさせる発振波長と選択波長のずれを符号も含めて検出する有効な手段を含み、モードホップ抑止のために試行錯誤に依らない系統的な調整が可能な波長可変レーザ光源装置を提供することである。第 2 の目的は、モードホップを抑止して、光増幅素子によって発振可能な全帯域にわたって所望の波長付近で発振波長の連続掃引が可能であり、かつ、長期にわたり無調整で安定に動作する波長可変レーザ光源装置を提供することにある。このことは、発振可能な全帯域において波長連続掃引が可能である波長可変レーザ光源装置を提供することとも同義である。このような欠点は主として 2 つの原因から生じている。第 1 の原因はモードホップを生じさせる発振波

長と選択波長のずれを符号も含めて検出する有効な手法が存在しなかったことである。第2の原因は、第1の原因から派生して、従来から採用されてきたモードホップ抑止策が発振波長に対応させて予め求めてある制御量に基づいて制御するという、別の見方をすれば初期設定で全てを賄おうとする、開ループ制御の考え方に基づかざるを得なかったためである。

【0015】閉ループ制御が最も標準的な工学的手段として広範に使用されているにもかかわらず、モードホップ抑止に利用されなかった理由としては、十分な弁別感度をもつ適切な観測量が見い出されなかった点、観測量を得る目的で共振器内に分波器等を配置することに抵抗を感じる先入観があった点が挙げられる。前者については、後述するように回折格子から帰還される光の角度変化を検出することで容易に解決される。また、後者については近年のLDの特性改善により、共振器内に片道90% (10 dB) 以上の損失があっても注入電流を増せば十分発振するものが多く、技術上の問題はない。

【0016】ここでリトロ配置の外部共振型レーザを例にとって発振波長と選択波長との差が回折方向に与える影響と制御の手法を説明する。図7はリトロ配置の外部共振型レーザと、その発振波長の光の回折方向を模式的に示した説明図である。まず、図7(a)の状態では発振波長 $\lambda_0$ と選択波長 $\lambda_g$ とが一致しているものとし、これを初期状態とする。つまり、図のように、LDから回折格子へ向かう光の光軸から上向きに計った角度を $\phi$ とすると、この状態での回折光は $\phi=0$ の方向に向かう。図7(b)は、初期状態から回折格子の角度を変えずに共振器長だけが短くなった場合である。発振波長 $\lambda_1$ は共振器長に伴って $\lambda_1 < \lambda_g$ となる。回折格子の角度は不変であるから、回折光は図示したように $\phi > 0$ の方向に向かう。なお、本明細書中の回折光の角度に関する表記は紙面上への射影の面内での角度を意味するものとし、紙面と垂直な方向の偏角は無視できるものとして議論する。また、図7では誇張して描いているが、現実には僅かな角度変化が対象であり、図7(a2)～(c2)に示したように、回折光の大部分はLDに帰還され、レーザ発振は維持される。図7(b)とは逆に、共振器長だけが長くなった場合には、発振波長 $\lambda_2$ は $\lambda_2 > \lambda_g$ となり、図7(c)に示すように回折光は $\phi < 0$ の方向に向かう。したがって、回折格子からLDへ向かう光の角度 $\phi$ は、そのときの選択波長 $\lambda_g$ と発振波長 $\lambda$ との差 $\lambda_g - \lambda$ に対してほぼ比例することになる。

【0017】そこで、例えば、回折格子の角度を固定して共振器長を調整する場合、上向きの偏角をもつ場合に共振器長を長くし、下向きの偏角をもつ場合に短くするように調整を進めれば、系統的かつ容易に選択波長と発振波長とを一致させることができる。同様に、このような調整を自動制御手段によって行えば、閉ループ制御が

実現できる。このようにして選択波長に対して発振波長が一致するように調整あるいは制御を施すことによって、結果的にモードホップを抑止することができる。

【0018】すなわち、波長可変光を光ファイバに集光して出力する場合、回折格子の回折光の光軸の変位により出力レベルの変動が生じる。しかし、請求項2に記載の発明においては、分割型の受光素子などにより、半導体レーザに帰還される光の光軸変位を検出し、これに基づいて光帰還手段3のミラー32を並進するなどして発振波長と回折系の光軸変位を抑えることができ、モードホップがなく、出力レベルの変動のない光ファイバ出力光が実現できる。

【0019】また、請求項3においては、光出射面が低反射である半導体レーザ100と、該半導体レーザ100の一方の光出射面101からの出射光を平行光に変換する第一のレンズ2と、該レンズ2を経由した光を受けて所望の波長を選択する波長選択手段300と、該波長選択手段300から受けた光の一部を通過させるとともに、他部を出力光として外部に取り出すための分波器4と、該分波器4からの光を集光して前記半導体レーザの他方の光出射面に入射する第二のレンズ20とを備えた外部共振器型の波長可変レーザ光源装置を提供する。

【発明の実施の形態】

【0020】以下、請求項1に記載の発明について図1を用いて実施の形態を説明する。半導体レーザ1と、光帰還手段3を構成する回折格子31およびミラー32とで外部共振器型のレーザ光源装置を構成する。半導体レーザ1は、第一の光出射面11がARコート等がほどこされ低反射となっている。一方、半導体レーザの第二の光出射面12は、反射を起こさせるように高反射となっていて、外部共振器の一方の共振面を構成する。

【0021】低反射の第一の光出射面11から出射された発散性の光はレンズ2によって平行光に変換され、分波器4を通過して、回折格子31とミラー32とからなる光帰還手段3に入射される。この光帰還手段3は、前述の半導体レーザ1の第二の光出射面12とともに外部共振器を構成しており、所望の波長を選択し、光を半導体レーザ1に帰還させる。すなわち、回折格子31で選択された波長域の中で、ミラー32と半導体レーザの第二の光出射面12との間の共振器で共振する波長でレーザ発振が生じる。

【0022】光帰還手段3からの帰還光はレーザ発振を起こさせるために、半導体レーザに入射されるが、光帰還手段3と半導体レーザ1とで形成された帰還経路上に配置されたビームスプリッタからなる分波器4によって出力光として外部に出力される。すなわち、上述のように半導体レーザ1から出射される光には必ずASEノイズが含まれているという特性がある。従って、半導体レーザ1から出射された光は、回折格子31、ミラー32、再び回折格子31を経由し、その光は波長選択され



た結果、一旦ASEノイズが除去されるが、光が再び第一の光出射面11から半導体レーザ1に戻って半導体レーザ1の第二の光出射面12から出射されるとその出力光にはASEノイズが重畳してしまう。そこで、従来の技術のように半導体レーザ1の第二の光出射面12からの光を出力光として使用するのではなく、光帰還手段3からの光が半導体レーザ1に入射される前に光をビームスプリッタ等の分波器4で分岐して取り出すことでASEノイズが低減された光出力を得ることができる。なお、所望の選択波長に設定できるように回折格子31およびミラー32の角度・位置を制御できる設定手段13を有しているのは従来技術のレーザ光源装置と同様である。

【0023】この分波器4から取り出された光の特性を従来の外部共振器型のレーザ光源装置の出力光の特性図である図9と比較する。図2は、本発明に係る出力光を分解帯域幅1nmで観測したスペクトル特性図である。図9ではSNRが45dB程度であるのに比べ、図2ではSNRが75dBであり、ASEのノイズは大幅に減少していることが分かる。

【0024】また、請求項1記載の発明では、半導体レーザ1の第一の半導体レーザ1から光帰還手段3に向けて出射された光は、途中、分波器4を経由して光帰還手段3に入射される。半導体レーザ1と光帰還手段3とで構成される外部共振器の内部の光に対して分波器4は損失を与える。しかし、その損失はレーザ発振が十分可能な程度にとどまっている。すなわち、分波器4は光帰還手段からの光を半導体レーザ1に入射される前に外部に出力光として取り出すものであるが、その外部へ出力される光の比率は、半導体レーザ1と光帰還手段3とで構成される外部共振器がレーザ発振が可能な程度の光を半導体レーザに供給できる程度であればよい。例えば、分波器4による外部出力光：半導体レーザへの帰還光との比が2：1程度までであればレーザ発振は可能である。また、分波器により外部に取り出し得る出力光は、半導体レーザ1の第二の光出射面12、回折格子31、ミラー32の反射率、回折効率、半導体レーザのゲイン、レンズ2による損失の組み合わせに依拠する部分も大きい。

【0025】以下、請求項2に記載の発明について実施の形態を図3を用いて説明する。請求項2に記載の発明は、出力光を光帰還手段と半導体レーザ1とで形成された帰還経路上に設けられた分波器4により取り出す構成を採用するとともに、半導体レーザ1の発振波長と、光帰還手段で選択される選択波長とのずれにより生じるモードホップを抑制するために、発振波長と選択波長との差の情報を含んだ観測量として半導体レーザ1から出射された光の光軸と光帰還手段から帰還される光の光軸との角度変化を採用し、この観測量に基づいて帰還する制御量を定める閉ループ制御を採用した。図3では、図1に

示す構成と基本的に同一であり、相違する点のみを説明する。図3においては角度検出手段5、および選択波長可変手段6、共振器長可変手段7を含んだ制御手段8を有している点に特徴がある。

【0026】角度検出手段5は、第二の分波器51と、受光器52a、52bおよび演算器53とからなる。第二の分波器51は帰還経路上の分波器4から取り出された出力光をさらに分波し、分波された光を出力光として用い、第二の分波器51を透過した光を受光器52a、52bに入射する。従って、受光器52a、52bで受けた光は光帰還手段から半導体レーザ1に向かう光の一部である。受光器52a、52bは、光帰還手段から半導体レーザ1に向かう光の光軸と、半導体レーザ1から光帰還手段へ向かう光の光軸のなす角度が0°のとき、第二の分波器51によって分波された光束の半分づつを受光するように配置する。演算器53は、受光器52a、52bの受光信号に基づいて、半導体レーザ1から光帰還手段に向かう光の光軸と光帰還手段から半導体レーザ1に戻る光の光軸とのなす角度に相当する量を検出するものである。

【0027】選択波長可変手段6は、回折格子31またはミラー32を回転させて選択波長を可変する。

【0028】共振器長可変手段7は、回折格子31またはミラー32を並進させている。半導体レーザの駆動電流を変化させる方法、外部共振器内に光路長を変化させるための透過性の媒質を挿入して、その厚みや屈折率を変化させる方法をとってもよい。

【0029】制御手段8は、選択波長可変手段6、共振器長可変手段7を含んだものであり、制御を行う制御部80をも有し以下の制御を行う。第二の分波器51で分波されなかった一方の光を受けて、その光の光束のほぼ左右半分づつの光量が受光器52a、52bによって受光され電気信号に変換される。ここで得られた2つの信号は演算器53に入力され、その差が算出されて、半導体レーザ1から光帰還手段に向かう光の光軸と、光帰還手段から半導体レーザ1に向かう光の光軸とのなす角にほぼ比例した信号に変換される。この信号は発振波長と選択波長の隔たりの大小関係を含めて示している。これを制御部80によって選択波長可変手段6または共振器長可変手段7に帰還することで制御ループが閉じ、発振波長は選択波長に追従する。すなわち、光帰還手段3から前記半導体レーザ1に帰還される光の光軸と前記半導体レーザ1が出射した光の光軸とのなす角度が零になるように制御を行う。

【0030】以下、図4を用いて請求項3に記載の発明について実施の形態を説明する。請求項3に記載の発明は半導体レーザの一方の出射面である第一の光出射面101から出射された光は、第一の光出射面101に帰還せず、他方の出射面である第二の光出射面102に帰還し、レーザ発振を行う構成である。請求項1に示す図1

と共通の部分については説明を省略し、異なる構成要素のみ説明する。半導体レーザ 100 は請求項 1 および請求項 2 に記載の発明と異なり、両出射面とも AR コート等がほどこされ低反射となっている。これは一方の光出射面 101 から出射された光が他方の光出射面 102 から帰還する構成となっているからである。半導体レーザ 100 の一方の光出射面 101 から出射された光は散乱性の光はレンズ 2 によって平行光に変換され、アイソレータ 9 を経由して、回折格子 31 とコーナミラー 302 とからなる波長選択手段 300 に入射される。アイソレータ 9 は半導体レーザ 100 の一方の光出射面 101 から出射された光が波長選択手段 300 によって反射した光の一部が再び同一の光出射面 101 から半導体レーザに入射されることを防止するためである。波長選択手段 300 に入射された光は、回折格子 31 で回折され、コーナミラー 302 で反射され、再び回折格子 31 で回折されて所望の波長を選択する。ここでコーナミラー 302 を採用しているため、コーナミラー 302 に入射された光は、入射された位置と異なった位置から回折格子 31 に向けて出射され、回折格子 31 上においても、半導体レーザ 100 から光が入射された位置 A と異なった位置 B で光を回折する。図 4 では回折格子 31 の同一刻線上の異なった位置で回折する。回折格子 31 から出射された光は分波器 4 でその光の一部のみが出力光として取り出され、他方の光は分波器 4 を通過する。通過した光は再び反射手段であるコーナミラー 90 で反射され、レンズ 20 を経由して集光され、半導体レーザ 100 の他方の光出射面 102 から半導体レーザに入射され、レーザ共振を行う。この請求項 3 に示す発明では、いわゆるリットマン配置のリングレーザ構成を採用し、半導体レーザと波長選択手段 300 との間に出力光を取り出すための光分波器 4 を配置しないので、分波器 4 による損失は一回だけ（すなわち、分波器 4 で出力される場合だけ）であり、請求項 1 に記載の発明の構成に比べて損失を最小限にとどめることができるという利点がある。

#### 【0031】

【実施例】請求項 1 に記載の発明においては半導体レーザ 1 は、駆動するための電流源を有している。また、半導体レーザ 1 の第一の光出射面 11 は AR コートされ、他方の光出射面 12 は高反射となり、外部共振器型レーザ光源装置の共振器の一方の反射面を構成している。ここで、図 5 に示すように、他方の光出射面 12 を高反射とせず、半導体レーザの光出射面 12 の外部にミラー 14 を設けて、外部共振器の一方の反射面を構成しても同様であることは当然である。

【0032】レンズ 2 は一般にコリメータレンズが用いられる。平行光に変換するものであれば、凹面ミラー等の他の種類のレンズであってもよい。

【0033】光帰還手段 3 は回折格子 31 とミラー 32

を有するものが一般的であるが、必ずしもこれに限らず、回折格子のみを有し、半導体レーザからの出射光を直接、半導体レーザに帰還させるいわゆるリトロー配置の場合も含んでいる。この点は請求項 2 および請求項 3 に記載の発明においても共通する。

【0034】分波器 4 は、一般にはビームスプリッタが用いられる。

【0035】分波器 4 で分波された光は、光ファイバなどにより外部に出力されるが、回折格子 31 で波長選択（波長分散）された光のうち特に所望の波長近傍の光のみを取り出すための選択スリットを分波器 4 と光ファイバとの間に設けることができるのはいうまでもない。すなわち、光ファイバ出力の場合には、分波器 4 で分波された平行光を光ファイバに集光するための結合レンズが用いられる。この結合レンズで集光された光の中で、光ファイバを伝播するのは光ファイバ端面のコア付近に集光された光に限られる。従って、光ファイバのコアが波長選択のためのスリットとして作用することになる。

【0036】また、請求項 1 に記載の発明では光帰還手段 3 として回折格子 31 とミラー 32 とを有しており、その位置・角度を制御することで波長可変レーザとすることができるのは当然である。この点、請求項 2 および請求項 3 に記載の発明においても共通する。

【0037】請求項 2 に記載の発明においては、実施の形態において図 3 を用いて説明した構成のほかに、図 6 に示す構成も含まれる。図 6 では、光帰還手段と半導体レーザ 1 とで成された帰還経路上に光出力を外部に取り出すための分波器 4 とは別に第三の分波器 43 を配設している。これによっても同様に、半導体レーザ 1 の発振波長と、光帰還手段で選択される選択波長とのずれにより生じるモードホップを抑制し、発振波長と選択波長との差の情報を含んだ観測量として半導体レーザから出射された光の光軸と光帰還手段 3 から帰還される光の光軸との角度変化を採用し、この観測量に基づいて帰還する制御量を定める閉ループ制御を行うことができる。

【0038】また、図 6 の構成では、第三の分波器 43 は、帰還経路上の出力光を外部に取り出すための分波器 4 と光帰還手段との間に設けているが、帰還経路上の分波器 4 と半導体レーザ 1 との間に設けても同様の効果が得られることは当然である。

【0039】さらに、図 3 の構成では、第二の分波器の分波された側の光を外部への出力光としているが、第二の分波器で分波された側の光をモードホップ抑止のためのモニタ光として使用してもよいことは当然である。

【0040】また、共振器長可変手段 7 は、実施の態様では回折格子 31 またはミラー 32 を並進させているが、半導体レーザの駆動電流を変化させる方法、外部共振器内に光路長を変化させるための透過性の媒質を挿入して、その厚みや屈折率を変化させる方法をとってもよい。

【0041】請求項3に記載の発明では、コーナーミラー302の制御は請求項1及び請求項2と全く同一である。

#### 【0042】

【発明の効果】請求項1に記載の発明では、出力光にASEノイズ成分の少ない、スペクトル純度の高い外部共振器型レーザ光源装置を実現できたので、光ファイバ増幅器や波長分割多重通信用光部品の特性測定などの用途において、信号雑音比が十分であり、例えば、光ファイバ増幅器の雑音指数測定を正確に行うことができるという効果がある。

【0043】請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の発明の効果に加えて、半導体レーザ1の発振波長と、光掃選手段で選択される選択波長とのずれにより生じるモードホップを抑制できるとともに、光ファイバ出力の測定の場合に出力光量が安定したという効果がある。

【0044】請求項3に記載の発明では、半導体レーザ1と波長選択手段との間に分波器を設けない構成としたので、分波器による光の損失を最小限にとどめることができるという効果がある。

#### 【0045】

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の請求項1に係る実施の態様を示す構成図である。

【図2】本発明のレーザ光源装置の出力特性を示す図である。

【図3】本発明の請求項2に係る実施の態様を示す構成図である。

【図4】本発明の請求項3に係る実施の態様を示す構成図である。

【図5】本発明の請求項1に係る実施例を示す構成図である。

【図6】本発明の請求項2に係る実施例を示す構成図である。

【図7】請求項2の発明について、発振波長と回折格子による回折方向との関係を説明する図であり、(a)は発振波長と選択波長が一致している場合、(b)は発振波長が選択波長より小さい場合、(c)は発振波長が選

択波長より大きい場合を示す図である。

【図8】従来の外部共振器型のレーザ光源装置の構成図である。

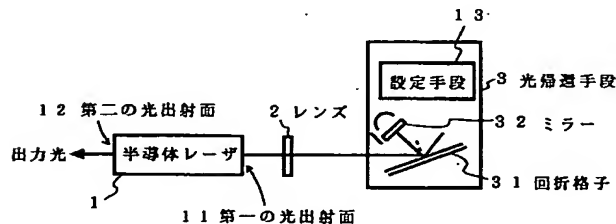
【図9】従来の外部共振器型のレーザ光源装置の出力特性を示す図である。

【図10】従来の外部共振器型のレーザ光源装置に波長可変フィルタを設けた図である。

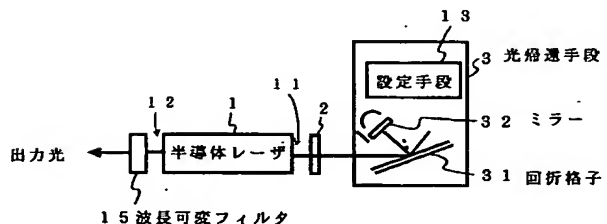
##### 【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 11 第一の光出射面
- 12 第二の光出射面
- 2 レンズ
- 3 光掃選手段
- 31 回折格子
- 32 ミラー
- 4 分波器
- 5 角度検出手段
- 51 第二の分波器
- 52a 受光器
- 52b 受光器
- 53 演算器
- 6 選択波長可変手段
- 7 共振器長可変手段
- 8 制御手段
- 80 制御部
- 9 アイソレータ
- 100 半導体レーザ
- 101 第一の光出射面
- 102 第二の光出射面
- 300 波長選択手段
- 302 コーナーミラー
- 90 コーナーミラー
- 20 レンズ
- 14 ミラー
- 15 波長可変フィルタ
- 13 設定手段

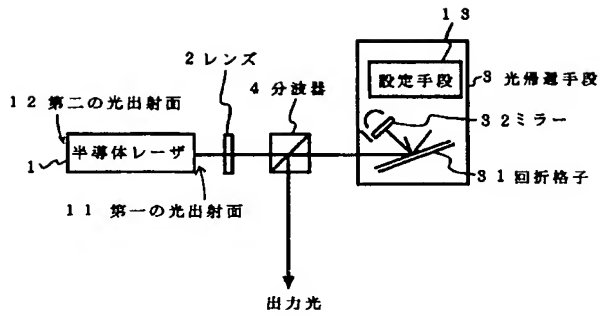
【図8】



【図10】

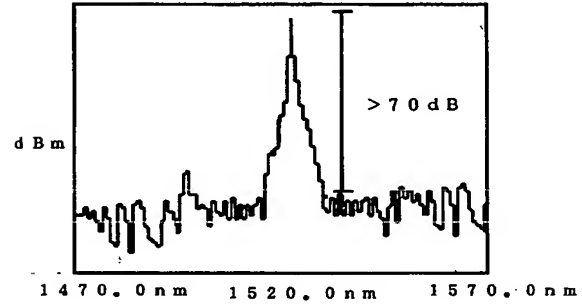


【図 1】

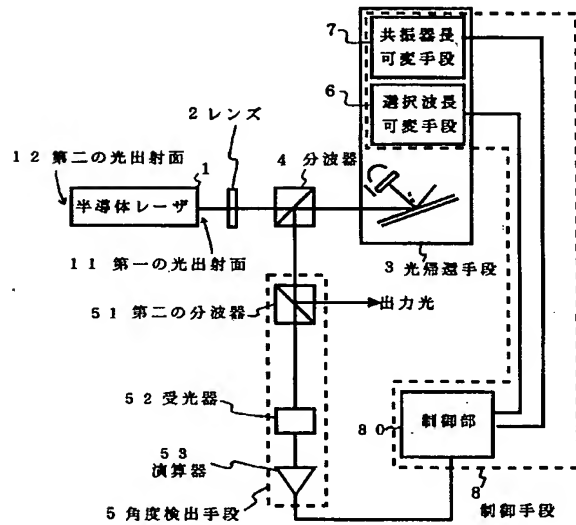


【図 2】

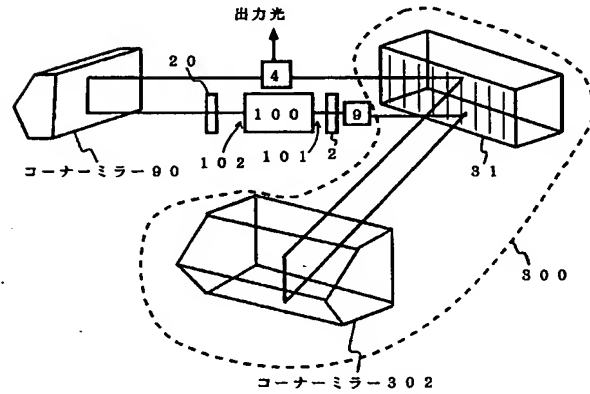
本発明のレーザ光源装置の出力特性



【図 3】

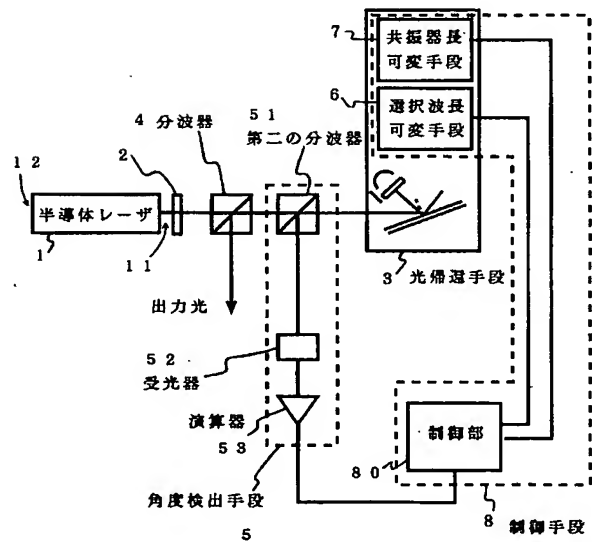
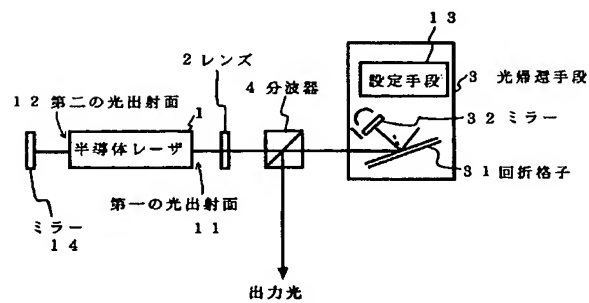


【図 4】

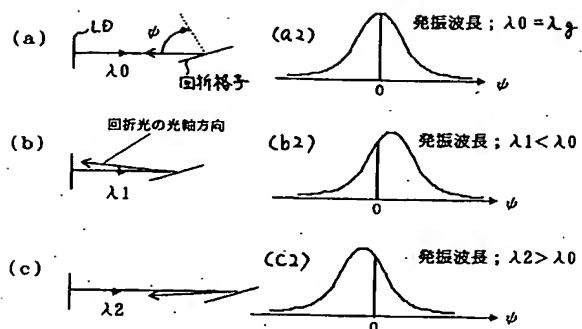


【図 6】

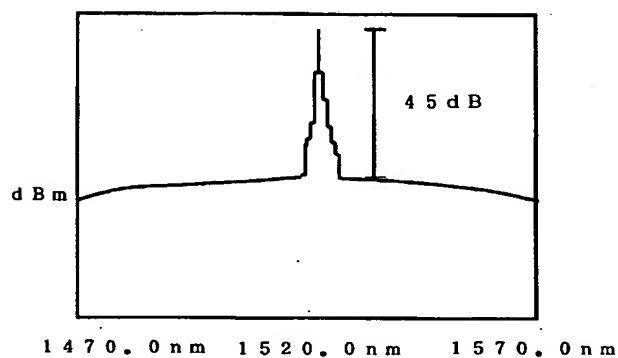
【図 5】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 城野 順吉  
東京都港区南麻布五丁目10番27号アンリツ  
株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA63 AA66 AA83 AB25 AB27  
AB29 BA02 BA09 EA03 EA04  
EA29

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**